





# LASER DIRECT WRITING OF PLANAR LIGHTWAVE CIRCUITS

**Patent number:** WO0002073  
**Publication date:** 2000-01-13  
**Inventor:** LUTHER-DAVIES BARRY (AU); CHARTERS ROBBIE (AU); LADOUCEUR FRANCOIS (DE)  
**Applicant:** LUTHER DAVIES BARRY (AU); CHARTERS ROBBIE (AU); UNIV AUSTRALIAN (AU); LADOUCEUR FRANCOIS (DE)  
**Classification:**  
- international: G02B6/13  
- european:  
**Application number:** WO1999AU00540 19990702  
**Priority number(s):** AU1998PP04465 19980703

**Also published as:**

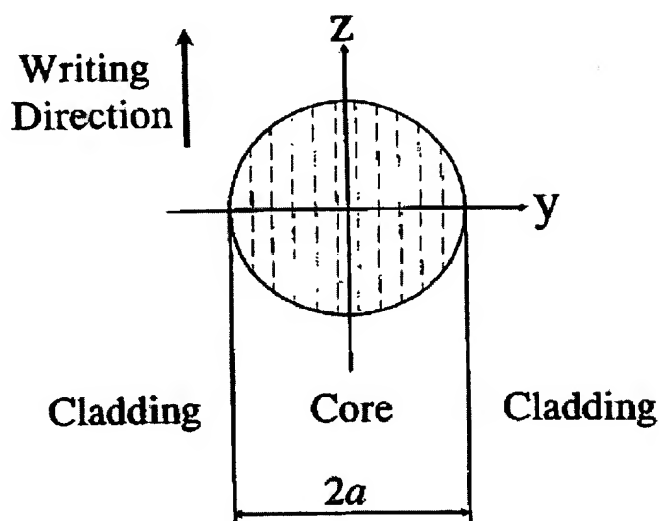
 EP1110112 (A1)  
 US6577799 (B1)

**Cited documents:**

 US5629805  
 JP2052724

## Abstract of WO0002073

A laser beam with an annular or ring shaped intensity distribution, such as a TEM<sub>01</sub>\* beam, is scanned across the surface of a photosensitive thin film to directly produce changes of refractive index in selected regions of the film. This method is suitable for producing channel waveguides for planar lightwave circuits, where the refractive index profile (solid curve) of such a waveguide is more uniform than the prior art refractive index profile (dashed curve) produced by a TEM<sub>00</sub> laser beam, and has a reduced bend loss.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 대한민국특허청 (KR)  
(12) 공개특허공보 (A)

(51) 。 Int. Cl. 7  
G02B 6/125

(11) 공개번호 특2001 - 0074638  
(43) 공개일자 2001년08월04일

(21) 출원번호 10 - 2001 - 7000066  
(22) 출원일자 2001년01월03일  
    번역문 제출일자 2001년01월03일  
(86) 국제출원번호 PCT/AU1999/00540  
(86) 국제출원출원일자 1999년07월02일

(87) 국제공개번호 WO 2000/02073  
(87) 국제공개일자 2000년01월13일

(81) 지정국                      국내특허 : 오스트레일리아, 캐나다, 일본, 대한민국, 미국,  
                                    EP 유럽특허: 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아  
                                    일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스,

(30) 우선권주장              PP4465                      1998년07월03일              오스트레일리아(AU)

(71) 출원인                      더 오스트레일리안 내셔널 유니버시티  
                                    엠. 이. 풀  
                                    오스트레일리아 에이씨티 0200 캔베라

(72) 발명자                      카터스로비에  
                                    오스트레일리아에이씨티기라랑추쿨바크레센트142(우:2617)  
                                    루터데이비스베리  
                                    오스트레일리아에이씨티캄바흐매참플레이스1(우:2902)  
                                    라도우세유르프린코이스  
                                    독일베를린자고우스트라쎄20(우:데 - 10555)

(74) 대리인                      강용복  
                                    김용인

심사청구 : 없음

(54) 평면 광파 회로의 레이저 직접 기록

요약

TEM<sub>01</sub> \* 인 환상 또는 링형의 강도 분포를 갖는 레이저 빔은 감광성 필름의 선택된 영역에 직접 굴절률의 변화를 발생  
하도록 감광성 박막의 표면을 가로질러 스캔된다. 이 방법은 평면 광파 회로용 채널 도파관을 만들기 위해 적합한 것이  
다. 여기서 도파관의 굴절률 프로파일 (또는 곡선)은 TEM<sub>01</sub> \*에 의해 발생하는 이전 굴절률 프로파일 (또는 곡선) 보  
다도 더욱 일정하고 저감된 만곡 손실을 갖는다.

색인어  
평면 광파 회로

명세서

기술분야

본 발명은 평면 광파 회로 (planar lightwave circuits) (PLC's)의 생산에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 PLC의 기초를 이루는 박막의 굴절률에 있어서의 직접 광유도된 변화에 의해 광파 회로 또는 회로의 구성요소를 정의하기 위한 방법에 관한 것이다.

배경기술

평면 광파 회로는 진보된 광 통신망과 광 감지를 위해 그 수요가 증가하고 있고, 또한 군사 및 그외 용도의 고주파 신호 처리기와 같은 광자 장치 (photonic apparatus) 장치의 기초로서 수요가 증가하고 있다.

대부분의 PLC의 기초가 되는 것은 도 1에 도시된 바와 같이 일반적으로 실리콘 또는 실리카 기판에 도포된 삼층의 광학 투명 박막이다. 샌드위치 구조의 중앙 또는 핵심층 (core layer) (1)은 보통 외부 피복층 (2), (3)의 굴절률  $n_{cl}$ 보다 높은 굴절률  $n_{co}$ 을 갖는데, 이 단순한 조직은 평면 도파관 (waveguide)로 알려져 있다. 핵심층으로 주입된 빛은 핵심/피복 경계부분 (4, 5) 둘 다에서 완전 내부 반사되고, 이 가로축 치수에 한정되어, 1차원 광 유도를 일으킨다. 그러나, 박막 평면의 일정 굴절률로 인해, 완전 내부 반사가 불가능하기 때문에, 빛은 유도층 (guiding layer) 내에서 측면으로 회절되거나 퍼진다. 평면 도파관에 유용한 기능성 (functionality)을 부여하기 위해서는, 2차원 광 유도가 요구되고, 평면 회절은 핵심층 굴절률에 국부적인 변화를 가함으로써 극복되어야 한다. 상기와 같이 형성된 광 유도는 PLC의 기초 요소가 되는 채널 도파관으로 알려져 있고, 최종 생성물은 광범위한 광 기능을 보여줄 수 있는 평면 광파 회로이다. 간단한 장치의 예로 연쇄상의 Y-접합 스플리터 (splitter)가 있으며, 여기서, 단일 입력 채널의 신호는 파장과는 독립적으로 다수의 출력 채널로 균등하게 나누어진다.

현재, 평면 도파관을 생성하는 데 사용될 수 있는 물질과 공정 방법이 몇 종류가 있다. 그 중에는 실리카 유리 (플라즈마 강화된 화학 기상 증착 (plasma enhance chemical vapour deposition: PECVD, 또는 화염 가수분해 (flame hydrolysis)을 이용한다)와; 조직적으로 변형된 실리카 유리 (ORMOSILs)와; 습식 화학 합성 (wet chemical synthesis)과 스핀 코팅 (spin coating)을 거쳐 생성되는 플라스틱과; MOCVD 또는 MBE 성장에 의해 생성되는 III-V 반도체를 포함한다.

PLC내 도파관은 박막 평면에 있어서의 굴절률의 구조 또는 패터닝에 의해 정의된다. 마이크로 전자공학 산업에서, 표준 패터닝 기술은 마스크 석판기술 (mask photolithography)로 알려져 있다. 상기 공정의 제 1 단계는 일반적으로 스핀 코팅을 통해 평면 도파관 중심에 포토레지스트 박막을 추가로 증착하는 것이다. 그러면 상기 포토레지스트는 진폭 마스크 (amplitude mask)를 통해 광대역 확장된 UV 소스 (source)에 우선적으로 노출되어, 광화학 반응이 마스크의 고전송 영역 아래에서 시작되도록 한다. 상기 광화학 반응은 포토레지스트의 용해도를 가변시켜 적합한 용매속에서 흔들면 제거될 수 있게 한다. 음의 톤레지스트 (tone resist)가 사용되는지 양의 톤레지스트가 사용되는지에 따라 조사된 (irradiated) 영역들이 각각 남아 있거나 제거된다. 이후 포토레지스트 패턴은 반응성이온식각 (reactive ion etching)과 같은 공정을 통해 원하지 않는 영역으로부터 핵심 물질을 제거함으로써 도파관 핵심층으로 전달 될 수 있다. 남아있는 레지스트를 제거하고 굴절률이 낮은 필름을 입히면 PLC의 표준 공정이 완성된다. 따라서 굴절률이 높은 핵심 물질을 선택적으로 제거함으로써 2차원 도파관이 얻어진다.

포토레지스트 기술의 대안으로서, 플라스틱, 오르모실 (ormosils), 그리고 유리와 같은 물질들은 추가적인 포토레지스

트층을 사용하지 않고도 굴절률 패터닝이 이루어지도록 한다. 상기와 같은 종류의 물질들은 일반적으로 UV 조사로 직접 노출시 핵심 물질의 굴절률을 높이는 광화학 반응을 일으켜, 채널 도파관이 형성될 수 있도록 한다. 상기 물질들은 일반적으로 감광성이 있다. 따라서 상기 필름에 마스크 석판기술을 사용하면 추가적인 포토레지스트층을 증착할 필요없이 또는 이온 식각이나 습식 현상 (wet development) 공정 없이 PLC를 생산할 수 있다.

그러나 적합한 마스크를 생산하는 것은 값이 비싸고 시간이 소요되고, 특히 원형 단계에서는 실험할 수 있는 장치 디자인의 수가 제한된다. 최근, 레이저 직접기록 기술 (laser direct writing) (LDW)을 이용함으로써 마스크가 필요없다는 것이 증명되었다. 이는 엠 스발가르드(M. Svalgaard)의 " '초점이 맞추어진 자외선 레이저 빔을 이용하여 평면도파관 전력 스플리터 및 방향 커플러의 직접 기록 (Direct writing of planar waveguide power splitters and directional couplers using a focused ultraviolet laser beam)', Electronics Letters, Vol. 33, No. 20, pp. 1694 - 1695, 1997" 에서 설명된다. 표준 마스크 석판기술과 대조적으로, LDW 공정에서는 감광성 평면 도파관 막이 초점이 맞추어진 레이저 빔 아래에서 정확히 횡단이동되어 물질을 부분적으로 노출시키고 마스크를 사용하지 않고도 채널 파동 도파관의 윤곽을 정확히 그릴 수 있도록 한다. LDW 공정은 매우 다양하게 적용되므로 마스크를 통한 노출로 일반적으로 가능한 구조보다 더 넓은 범위의 구조를 허용한다. 예를 들어, 마스크를 사용함으로써 노출은 전 웨이퍼에 걸쳐 균일하게 이루어지고, 그에 따라 얻어진 굴절률 변화는 도파관 구조의 일부분으로부터 다음부분으로 가변될 수 없다. 그러나, LDW를 이용하면, 노출이 허용되고, 따라서 굴절률의 유도된 변화는 짧은 거리에 걸쳐서도 조절되어 기록될 수 있는 도파관 구조의 범위를 더 넓게 허용한다. 또한, LDW 공정은 도파관 패턴이 웨이퍼에서 웨이퍼로 변할 수 있도록 하는데 이것은 생성된 패턴이 직접적인 소프트웨어 제어하에 있을 수 있기 때문이다.

석판기술에 있어서는, 사용된 도파관 물질에 따라, 레이저 유도된 광화학반응은 더 이상의 공정 없이 도파관 물질에 굴절률 변화를 직접적으로 유도하여, 물질의 시스템이 부분적으로 노출되어 습식 현상에 의해 처리되거나, 또는 포토레지스트의 제 2 층이 사용되어 포토레지스트 패턴이 도파관 핵심 층에 전달되도록 한다. 그리하여, 레이저 소스에 따라서, 공정은 유리, 폴리머 (polymer), 솔 - 젤 (sol - gel),  $Ti:LiNbO_3$  등 다수의 다양한 물질 시스템들에 적용 가능하다. 또한, 고전력 레이저빔/또는 다른 레이저 파장을 이용하면 마스크 석판기술로는 얻을 수 없는 감광성 메커니즘을 이용할 수 있다.

일반적으로, 감광성 물질의 굴절률,  $n$ 은 전자기 복사 (electromagnetic radiation)에 노출  $F$ 에 따라 달라지며, 도 2에 도시된 바와 같이 물질 반응 함수  $n(F)$ 는 최대 노출,  $F_{sat}$ 까지는 통상적으로 포화반응 (saturation behaviour)을 나타낸다. 도 3은 레이저 기록 공정이 제시된 평면도로, 채널 도파관은  $z$ 방향으로  $2a$ 의 폭을 갖는다. 레이저 발광 (irradiance) 분포,  $I(y,z)$ 에 있어서,  $y$ 방향 물질의 측면 노출,  $F(y)$ 는 이하식으로 구한다;

수학식 1

$$F(y) = \frac{1}{v} \int_{-\sqrt{a(a-y)}}^{\sqrt{a(a-y)}} I(y,z) dz$$

여기서  $v$ 는 기록 속도이다. 발광분포  $I(y,z) = I_{00} \exp(-2(y^2 + z^2)/w^2)$ 을 갖는 절단된(빔 중앙부 (beam waist),  $w = "a"$ ) TEM<sub>00</sub> 빔에 있어서 측면 노출  $F(y)$ 는 도 4에서 단속선 (dashed line)으로 도시되었다.  $y = "0"$ 일 때 분명하게 노출은 최대값을 나타낸다. 유용한 굴절률 변화의 최적조건을 위해 최대 측면 노출  $F_{max}$ 는 물질 포화 노출  $F_{sat}$ 와 같아야 한다. 물질 반응  $n(F)$ 을 고려할 때, 그에 상응하는 굴절률 분포  $n(y)$  역시 도 5의 단속선으로 도시하는 바와 같이  $y = "0"$ 에서 최대값을 나타낸다. 레이저 직접 기록 시스템은 지금까지 약하게 절단된 가우시안 (TEM<sub>00</sub>) 빔의 포커싱 (focusing) 또는 영상 (imaging)을 이용하였고, 이러한 구성으로 동작하여 측면으로 분류된 굴절률 프로파일 (profile)을 나타내는 채널 도파관을 발생시킨다. 이는 L. W. Shacklette, R. A. Norwood and J. T. Yardley, 'Next - generation polymer photonic devices', Sol - Gel and Polymer Photonic Devices, SPIE Vol. CR68, pp. 207 - 227, 1997에서 설명하고 있다. 분류된 굴절률 프로파일은 만곡 손실 (bend loss)과 형상 복굴절 (form birefringence)와 같은 요인들이 고려될 경우 약간의 문제점이 있다.

## 발명의 상세한 설명

본 발명의 목적은 보다 균일한 측면 굴절률 분포를 제공하는 굴절률에 있어서 광유도된 변화를 직접적으로 발생하는 방법을 제공하는 것이다.

따라서, 광범위한 실시 형태로서, 본 발명은 박막의 표면을 가로질러 레이저 빔을 선택적으로 스캐닝함으로써 감광성 박막의 선택된 영역의 굴절률에 있어서의 광유도된 변화를 직접 발생하는 방법을 제공하는 것으로, 박막에 부딪히는 레이저 빔은 실질적으로 환상의 원형 대칭 조사 강도 분포를 갖는 것을 특징으로 한다.

상기에 있어서 원형 강도 분포이라는 용어는 중앙 영역에 있어서 매우 낮거나 0인 강도를 갖고 주변 영역에 있어서 더 높은 강도를 갖는 모든 횡 강도를 포함한다. 주변 영역내 방사 강도 분포는 실질적으로 일정하거나 가변될 수 있다. 상기와 같은 유형의 강도 분포는 때론 "도넛 타입" 분포로 일컬어진다. 상위 모드 역시 유사한 특성을 갖는 강도 분포를 발생할 수 있지만 상기와 같은 분포는 가령  $TEM_{01}$  \* 레이저 빔에 의해 얻어진다. 상기  $TEM_{01}$  \*은  $\pm \pi/2$ 의 일정한 위상차를 갖는  $TEM_{01}$  와  $TEM_{10}$  의 중첩으로 이루어진 하이브리드 모드이다.  $TEM_{01}$  \* 빔에 있어서의 방사 강도 분포는 이하 식으로 구한다.

수학식 2

$$I(y,z)=I_{01}\left(\frac{y^2}{w_1^2}+\frac{z^2}{w_2^2}\right)\exp\left(-2\left(\frac{y^2}{w_1^2}+\frac{z^2}{w_2^2}\right)\right)$$

여기서  $w_1$  과  $w_2$  는 빔 중앙부이고,  $w_1 \approx w_2$  이다.

본 발명의 바람직한 실시 형태에서는  $TEM_{01}$  \* 레이저 빔이 사용된다. 상기 빔은 가령 N.R. Heckenberg, R. McDuff, C. P. Smith와 A.G. White, 'Generation of optical phase singularities by computer-generated holograms', Optics Letters, Vol. 17, No. 3, pp. 221 - 223, 1992에서 설명한 것과 같이 회절 위상 마스크 기술에 의해 가우시안 레이저 빔으로부터 생성될 수 있다.  $TEM_{01}$  \* 레이저 빔은 또한 캐비티 광학 (cavity optics)으로의 적절한 변형에 의해 레이저로부터 직접 생성될 수 있다.

원형 또는 도넛 형 발광 분포를 갖는 빔을 사용하면 보다 일정한 측면 굴절률 분포  $n(y)$  를 생성하는 측면 노출  $F(y)$  을 발생한다. 상기와 같은 결과가 얻어지는 것은  $y=0$  에 근접한 식 (1)에 있어서 정수에 대한 기여가 줄어들도록  $I(y,z)$  가 변형되기 때문이다. 또한, 우선적인 기록 방향의 도입을 피하기 위해 초점이 맞추어진 빔이 실질적으로 원형 대칭을 유지해야 한다.

본 발명은 이하 도면을 참조하여 실시예로써 보다 상세히 설명될 것이다.

## 도면의 간단한 설명

도 1은 평면 도파관의 개략도이다.

도 2는 전자기 복사에 노출시키는 기능의 감광성 매체에 대한 일반적인 굴절률 반응을 보여준다.

도 3은 본 발명에 따른 방법에 사용된 레이저 회로 기록 공정의 개략평면도이다.

도 4는 동일한 최대 노출 기록 구성에 있어서  $TEM_{01}$  \* (실선)과  $TEM_{00}$  (단속선)의 측면 노출 함수를 보여준다.

도 5는 동일한 최대 노출 기록 구성에 있어서 TEM<sub>01</sub> \* (실선)과 TEM<sub>00</sub> (단속선)의 측면 굴절률 분포를 보여준다.

도 6은 동일한 스폿(spot) 크기 및 최대 노출의 TEM<sub>01</sub> \* (실선) 및 TEM<sub>00</sub> (단속선) 기록 도파관에 대한 만족 손실을 보여준다.

#### 실시예

본 발명에 따른 방법은 지향 TEM<sub>01</sub> \* 레이저 빔이 사용된 레이저 직접 기록 (LDW) 기술을 이용한다. LDW 기술은 당해 기술 분야에 숙련된 사람들에게 알려진 것이므로 상세한 설명은 생략한다.

TEM<sub>01</sub> \* '도넛 모드'는 빔의 중앙에서는 0의 강도를 보여주는 발광 분포를 갖는다. 최대 노출은 물질 포화 노출과 같도록 한정되고 도 5에 도시된 것과 같은 측면 굴절률 분포를 일으킨다. TEM<sub>01</sub> \* 빔을 갖는 레이저 기록은 빔의 외부 영역에서 동일한 F<sub>max</sub>에 대응하는 TEM<sub>00</sub> 을 갖는 레이저 기록보다 큰 광유도된 굴절률 변화를 제공한다. 또한, 굴절률의 변화는 도파관 영역에서 더 균일하다. 이러한 특징은 광유도된 도파관에 바람직한 특성을 제공한다. '도넛' 모드 빔에 의해 생성된 보다 균일한 측면 굴절률 프로파일은 가우시안 모드를 이용하는 LDW 시스템과 비교할 때 몇가지 기술적 이점을 갖는다.

모든 PLC의 일반적인 사용과 관련해 실제적으로 고려해야 할 것은 입력포트와 출력포트가 실리카 광 섬유로된 광 네트워크의 나머지와 연결되도록 하는 것이 일반적이라는 것이다. 섬유로부터 PLC를 포함하는 채널 도파관으로의 최대 광 전력 전송을 위해서는, 채널 안내된 모드의 스폿 크기와 대칭이 원형 대칭형 섬유 안내된 모드의 스폿 크기와 대칭과 같아야 한다. 만약 도파관이 TEM<sub>00</sub> 또는 TEM<sub>01</sub> \* 모드를 이용해 생산되었다면, LDW는 일반적인 통신 섬유의 모드 크기에 맞는 모드 크기를 가져야 하고, 감광층의 동일한 최대 노출이 TEM<sub>00</sub> 와 TEM<sub>01</sub> \* LDW 둘다에 이용된 후 TEM<sub>00</sub> 의 경우에서 더 큰 직경의 기록 빔이 요구된다. 이것은 도5에 도시된 바와 같이, TEM<sub>00</sub> 노출을 위한 빔의 외부 영역에서 광유도된 굴절률 변화가 낮기 때문이다. 그러므로 광학 필드(optical field)를 끌어내 섬유 모드 필드 크기에 맞추기 위해서 도파관은 물리적으로 더 넓어야 한다.

약화된 안내 방식에서, 모드 유효율은 다음과 같은 모드에 나타난 굴절률 분포, n(x,y)의 가중 평균으로 추정될 수 있다.

수학식 3

$$N_{eff}^2 = \frac{\iint n^2(x,y) \psi^2(x,y) dx dy}{\iint \psi^2(x,y) dx dy}$$

여기서,  $\psi(x,y)$ 는 모드 함수이다. TEM<sub>01</sub> 및 TEM<sub>00</sub> 둘다에 대한 평가식(3)은 TEM<sub>00</sub> 경우에서 더 낮은 유효율 값을 제공한다. 상기 식은 다음과 같이 정의된 정규화된 유효율, B에 의거 표현될 수 있다.

수학식 4

$$B = \frac{N_{ef}^2 - n_{cl}^2}{n_{co}^2 - n_{cl}^2}$$

여기서,  $n_{cl}$ 은 피복 굴절률이고,  $n_{co}$ 은 광유도된 최대 굴절률이다. 상기 식은 TEM<sub>01</sub> \* 경우에서 통상적으로 20% 더 높은 B 값을 제공한다. 따라서, 채널 안내된 광은 최대 여진 효율 (maximum excitation efficiency) 및  $F_{max} = F_{sat}$ 의 제약 하에서 TEM<sub>01</sub> \* 기록 도파관에 보다 확고히 한정된다. 보다 확고한 한정은 TEM<sub>01</sub> \* 기록 도파관에 있어서 중요한 기술적 이점을 제공한다.

채널 도파관이 광 칩의 한 영역에서 다른 영역으로의 곡선 모양의 경로에서 정해질 경우 PLC에서만 유용한 기능성이 얻어지고, 이는 막의 평면에서 도파관의 만곡을 요구한다. 채널 도파관이 만곡될 때, 전력의 양  $L$ 은 만곡의 단위 길이당 조사에 대해 필수적으로 손실된다.  $L$ 은 만곡의 곡률 반경에 크게 의존하며, 만곡이 심할수록 만곡 손실 (bend loss)이 크다. 일정한 반경에서,  $L$ 의 진폭은 안내된 모드가 얼마나 단단히 한정되는가에 직접적으로 관련된다. 따라서,  $TEM_{01}$  \*LDW에 의해 형성된 채널 도파관은  $TEM_{00}$  LDW에 의해 형성된 채널 도파관에 비해 매우 감소된 만곡 손실을 나타낸다.  $TEM_{01}$  \* 기록 도파관에 대한 허용가능한 최소 만곡 반경 (0.1dB/cm 만곡 반경)은  $TEM_{00}$  모드 빔에 의해 기록된 도파관을 이용하여 가능한 값의 ~75% 만큼 적어질 수 있다. 이는 광 칩의 일정 영역에 기록될 수 있는 1.8 장치의 인자에 의해 통상적으로 증가하는 평면 도파관에 대한 장치 밀도에 크게 영향을 미친다.

또한,  $TEM_{01}$  \*LDW를 통해 발생된 지수 프로파일(index profiles)은  $TEM_{00}$  기록 도파관에 대해 통상적으로 2의 인자에 의해 감소된 형상 복굴절을 갖는 채널 도파관을 발생시킨다.

레이저 직접 기록 처리동안 레이저 세기 또는 기록 속도의 변화(그에 따른 노출의 변화)는 광 도파 모드의 유효율에서 변동을 야기한다.  $TEM_{01}$  \*LDW의 경우, 이러한 변동은 유효율에서 상대적으로 적은 변화(통상적으로 2 인자에 의한)를 발생시켜, 노출에 대해서 필요한 허용오차(tolerance)가 증가한다.

기존의 광 네트워크의 대역폭을 확대시키는 선택 방법으로서 파장 분할 다중 (wavelength division multiplexing (WDM))의 출현은 PLC에서 분광의 선택 요소들이 많이 필요하다는 것을 의미한다. 대부분의 경우, 필요한 PLC 기능성은 기존의 PLC 채널 도파관으로의 브래그(Bragg) 반사 위상 회절격자를 정의하는 광에 의해 얻어진다. 이 경우,  $TEM_{01}$  \* 및  $TEM_{00}$  채널 도파관 노출 조건은 최대 노출이 허용가능한 광유도된 굴절률 변화, 즉 예를 들어,  $F_{max} = 0.7F_{sat}$ 를 완전히 포화시키지 않도록 결정된다. 효율적인 브래그 반사를 위해, 균일한 지수 분포,  $n(y)$ 를 요구하는 광유도된 위상 회절격자를 발생시키는 것은 채널 도파관에서 도파관을 가로질러 균일하게 기록되어야 한다. 명확하게는,  $TEM_{01}$  \*LDW에 의해 형성된 채널 도파관은  $TEM_{00}$  LDW에 의해 형성된 채널 도파관보다 더 바람직한 기준을 만족한다.

#### 산업상 이용 가능성

본 발명에 따른 방법을 채널 광 도파관의 직접적인 기록에 적용할 경우, 이미 알려진 기술 이외에 다수의 이점이 제공된다는 것이 명확해진다. 그러한 이점은 다음과 같다:

##### - 근접 - 균일 측면 굴절률 프로파일

- 레이저 기록 광 도파관에서 감소된 만곡 손실
- 도파관 변수에서 노출 변동 효과의 감소
- 레이저 기록 광 도파관에서 형상 복굴절의 감소
- 후 광선명도에 의해 일정한 브래그 회절격자를 측방향으로 기록할 수 있는 능력
- 도파관 유효 지수의 광유도된 튜닝의 가능성
- 교차 영역에서 단일 모드 코어 굴절률을 2배 요구하는 X-접합을 갖는 광 도파관을 형성할 수 있는 능력
- 감광성 박막의 균일한 노출

상기 사항은 본 발명의 영역 내에서의 일부 변형만을 설명하며, 본 발명의 영역을 벗어남 없이 추가 변형이 이루어질 수 있다.

#### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

박막의 표면을 가로질러 레이저 빔을 선택적으로 스캐닝함으로써 감광성 박막의 선택된 영역의 굴절률에 있어서의 광유도된 변화를 직접 발생시키는 방법에 있어서, 박막에 부딪히는 레이저 빔은 실질적으로 환상의 원형 대칭 조사 강도 분포를 갖는 것을 특징으로 하는 광유도된 변화를 직접 발생시키는 방법.

#### 청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 방사상의 강도 분포는 실질적으로 일정한 것을 특징으로 하는 광유도된 변화를 직접 발생시키는 방법.

#### 청구항 3.

제 1항에 있어서, 상기 환상의 분포는  $TEM_{01}$  \* 레이저 빔에 의해 제공되는 것을 특징으로 하는 광유도된 변화를 직접 발생시키는 방법.

#### 청구항 4.

제 1항에 있어서, 회절 위상 마스크 기술을 이용하여 가우시안 레이저 빔으로부터  $TEM_{01}$  \* 레이저를 발생시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광유도된 변화를 직접 발생시키는 방법.

#### 청구항 5.

제 1항 및 4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 막은 평면 도파관이고, 상기 광유도된 변화에 의해 감광막에서 하나 이상의 채널 도파관이 생성되어 평면 광파 회로를 생성할 수 있도록 상기 레이저 빔을 스캐닝하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광유도된 변화를 직접 발생시키는 방법.

#### 청구항 6.

제 5항에 있어서, 상기 도파관은 통상적인 통신 광섬유의 크기와 실질적으로 매치되는 모드 크기를 갖는 것을 특징으로 하는 광유도된 변화를 직접 발생시키는 방법.

#### 청구항 7.

제 5항 또는 6항에 있어서, 적어도 하나의 도파관은 곡선모양의 경로를 포함하는 것을 특징으로 하는 광유도된 변화를 직접 발생시키는 방법.

#### 청구항 8.

제 5항 내지 7항 중 어느 한 항에 있어서, 도파관의 일부분 또는 부분들에 일련의 선택적인 광유도된 굴절률 변화를 제공할 수 있도록 허용가능한 광유도된 굴절률 변화를 완전히 포화시키지 않는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광유도된 변화를 직접 발생시키는 방법.

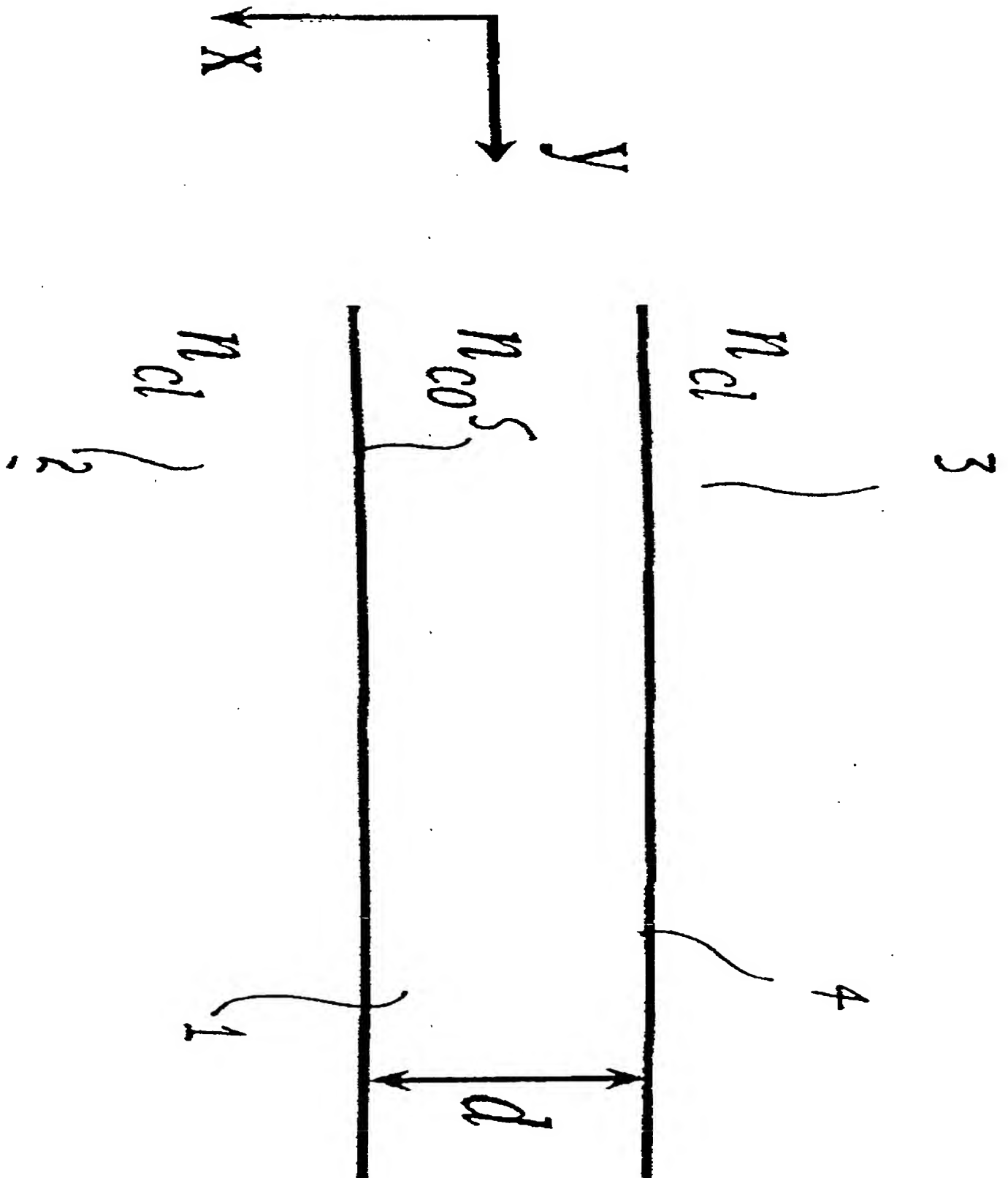
#### 청구항 9.

제 8항에 있어서, 분광적으로 선택 요소를 정의하기 위해 상기 일련의 선택적 변화를 발생시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광유도된 변화를 직접 발생시키는 방법.

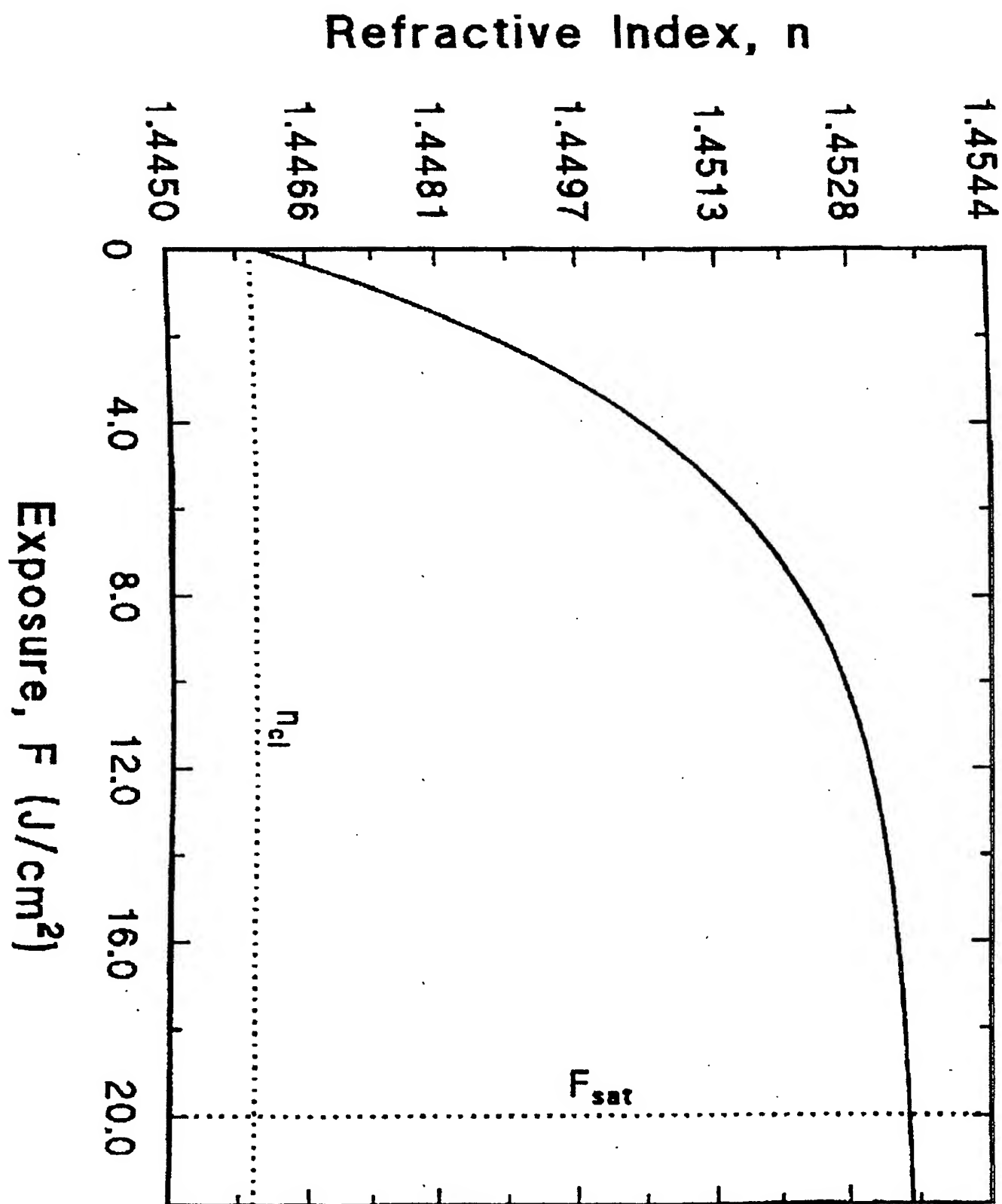
도면



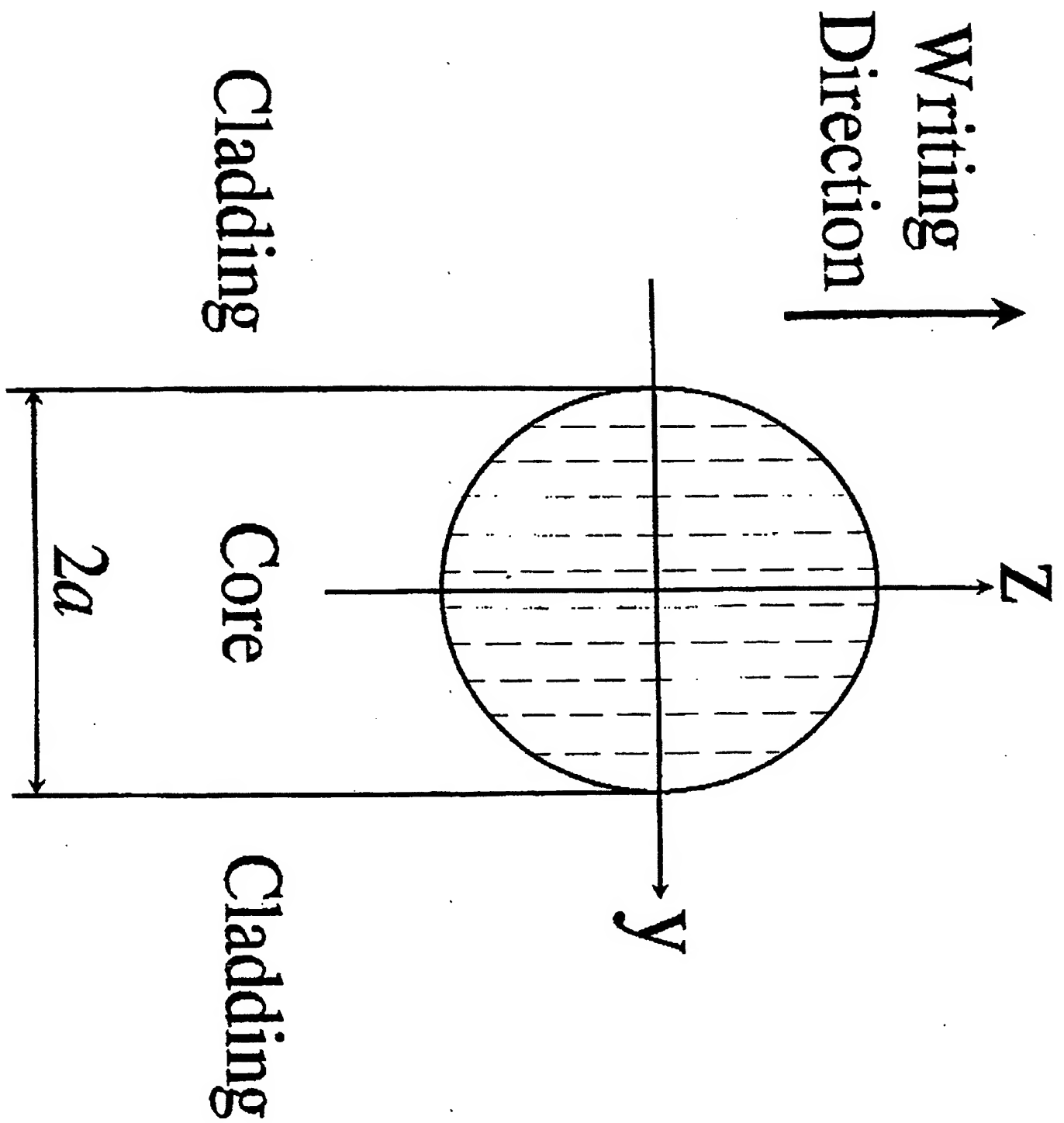
도면 1



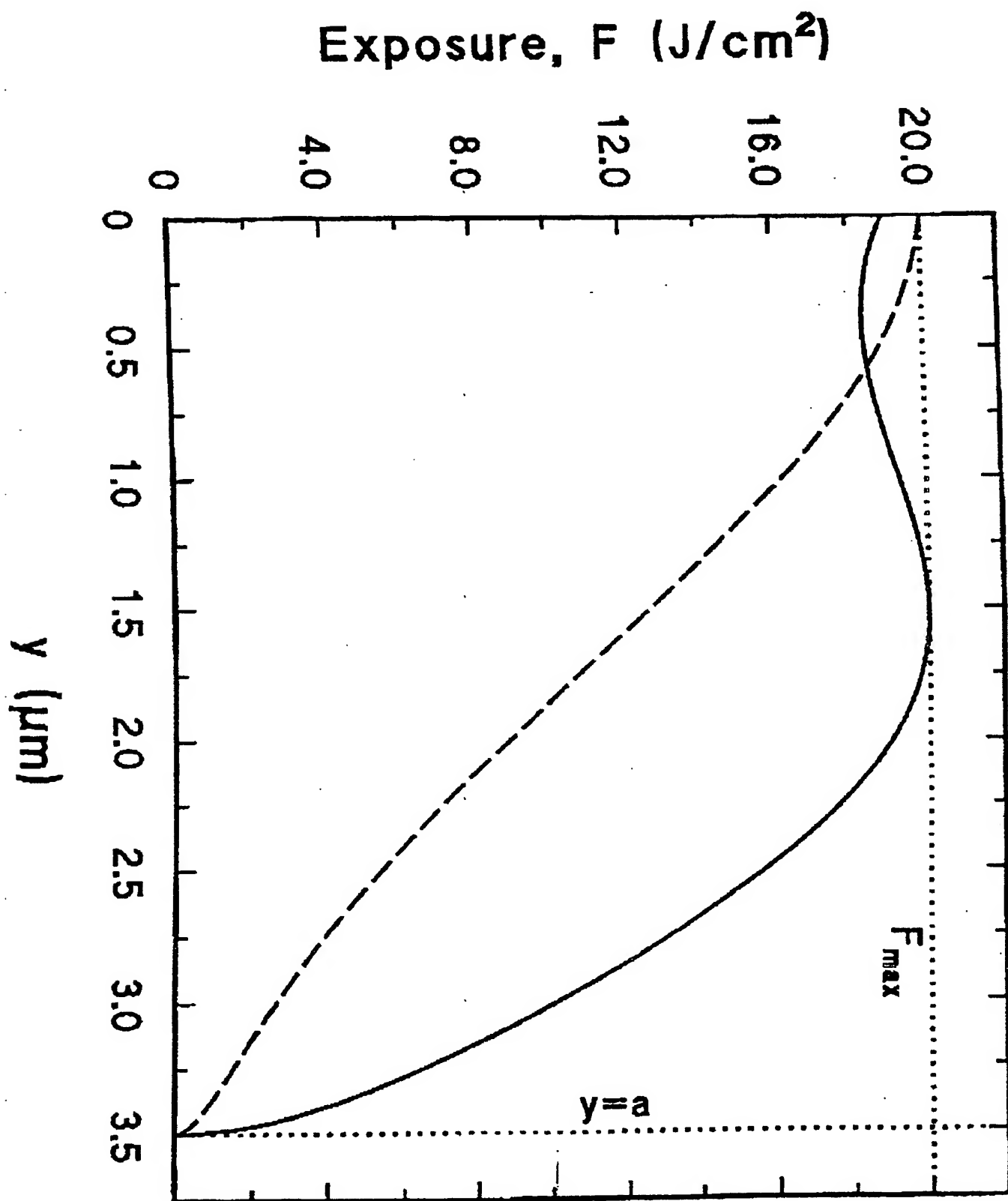
도면 2



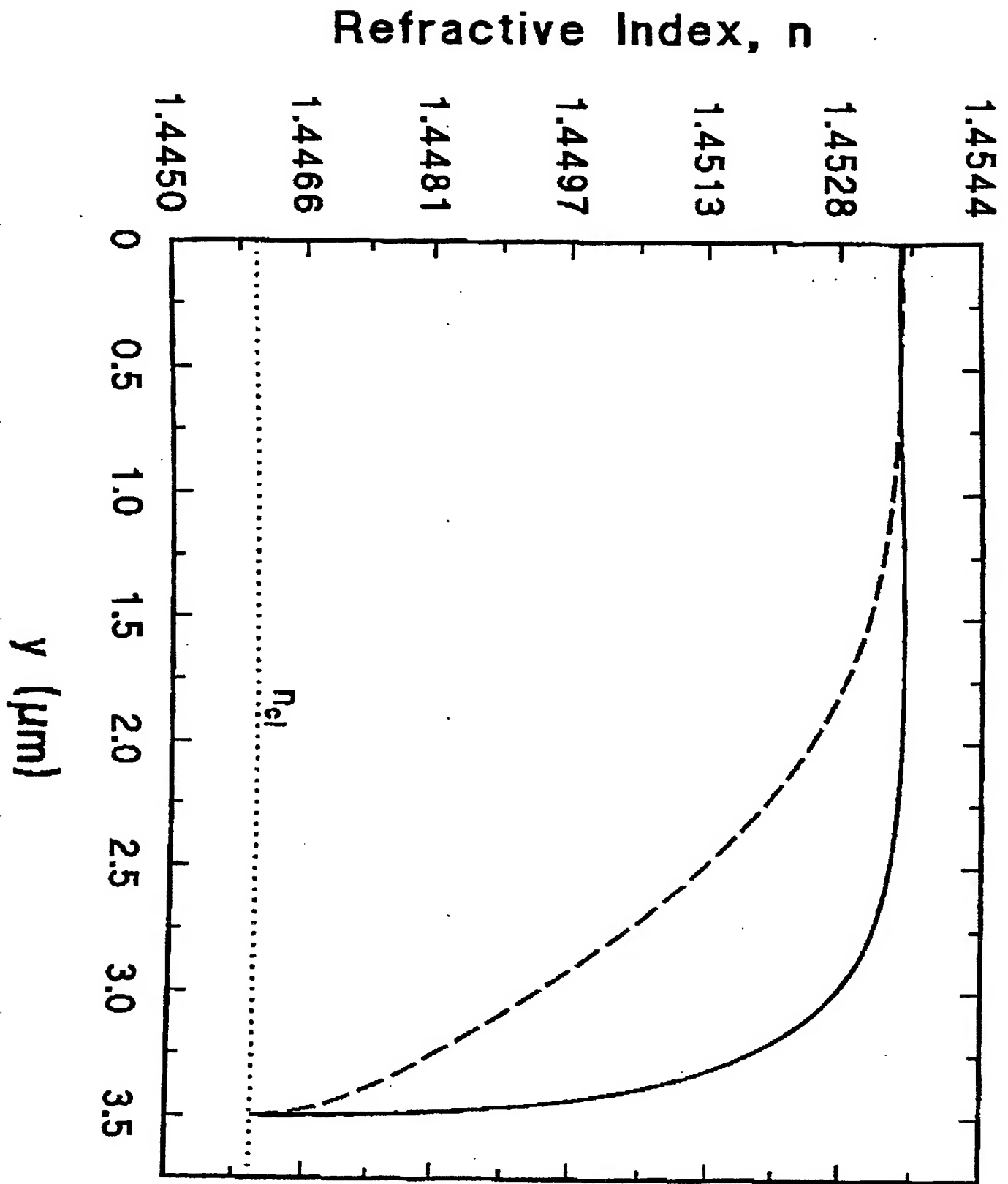
도면 3



도면 4



도면 5



도면 6

